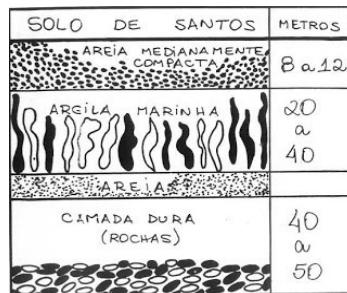


ESCOLA POLITÉCNICA DA USP  
 FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP  
 PEF 0522 - MECÂNICA DOS SOLOS E FUNDAÇÕES  
 5ª LISTA DE EXERCÍCIOS: Fundações rasas - Tubulões - **RESOLUÇÃO**

**Questão 1.** A Figura 1 apresenta alguns edifícios construídos em Santos, na década de 60. Por que eles inclinaram? Isto poderia ter sido evitado?

*Resposta:* Os edifícios apresentados na figura 1 inclinaram por terem sido apoiados em fundações rasas em uma camada superficial de areia sobreposta a uma camada de argila marinha mole. Esta camada de argila marinha é considerada a segunda pior camada de solo do mundo, ficando atrás apenas da Cidade do México. Além disso, a proximidades dos prédios causaram uma sobreposição de carregamentos agravando ainda mais o problema. Abaixo é apresentada uma representação simples do subsolo de



A partir do perfil simplificado apresentado acima, pode-se observar que as camadas mais resistentes ficam a aproximadamente 40 m de profundidade. Portanto, seria possível evitar tal problema com a utilização de fundações profundas.

**Questão 2.** Quais os tipos de fundações rasas?

*Resposta:* Os tipos de fundações rasas são: bloco, sapata, sapata corrida, sapata associada, grelha, radier.

**Questão 3.** Serão construídos sobrados e edifícios na região da Plataforma A. Compare as tensões admissíveis determinadas nas provas de carga apresentadas na 4ª lista de exercícios com tensões admissíveis calculadas através de fórmulas empíricas.

<i>Resposta:</i> Sondagem SP-40	Sondagem SP-49A1
N <sub>spt</sub> = 25	N <sub>spt</sub> = 13
σ <sub>a</sub> = 500 kPa	σ <sub>a</sub> = 260 kPa
Prova de carga, σ <sub>a</sub> = 500 kPa	Prova de carga, σ <sub>a</sub> = 375 kPa

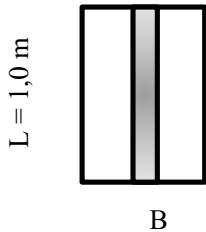
Próximo a sondagem SP-40 a previsão da tensão admissível foi idêntica a prova de carga. Enquanto que próximo a sondagem SP-49A1, a prova de carga resultou em uma tensão admissível maior do que a tensão admissível calculada através de fórmulas empíricas.

**Questão 4.** Dimensionar e desenhar em planta os alicerces de um sobrado residencial, construído com parede

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP  
 FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP  
 PEF 0522 - MECÂNICA DOS SOLOS E FUNDAÇÕES  
 5ª LISTA DE EXERCÍCIOS: Fundações rasas - Tubulões - **RESOLUÇÃO**

estrutural, e paredes superiores apoiadas diretamente sobre as inferiores. Admitir 37 kN/m de carga distribuída.

*Resposta:* Neste o dimensionamento deve ser feito para cada metro linear de sapata responsável por suportar 37 kN de carga das paredes.



A partir dos resultados das provas de carga, será escolhido o resultado da prova de carga executada próxima a sondagem SP-49A1 por se tratar da menor capacidade de carga e consequentemente esta a favor da segurança.

$$\begin{aligned} \sigma_a &= 375 && \text{kPa} \\ P &= 37 && \text{kN} \\ B &= 0,10 && \text{m} \end{aligned}$$

A largura calculada do alicerce foi de 0,1 m. No entanto, o bloco estrutural utilizado na construção de sobrado possui largura igual a 0,2 m. Logo o alicerce terá largura B igual a 0,2 m.

**Questão 5.** Considerar o sobrado construído em concreto armado, com a conseqüente concentração de cargas nos pilares e determinar as dimensões das sapatas. Admitir carga no pilar mais carregado igual a 480 kN e no pilar menos carregado igual a 380 kN. Os pilares têm comprimento de 50cm e largura de 20cm. Dimensione as fundações do sobrado e discuta os resultados.

*Resposta:*

$$\sigma_a = 375 \quad \text{kPa}$$

Carga kN	Dimensões do pilar		Área (m <sup>2</sup> )	a - b	Sapata	
	a (m)	b (m)			L (m)	B (m)
480	0,5	0,2	1,28	0,3	1,30	1,00
380	0,5	0,2	1,01	0,3	1,20	0,90

**Questão 6.** Apresenta-se a seguir uma planta das fundações de um edifício de 18 pavimentos e 3 subsolos. Verifique a viabilidade da utilização de fundações rasas nesta região.

*Resposta:*

P1	1200 P9	3300 P17	3000 P27	900
P2	3200 P10	3200 P18	2900 P28	800
P3	3300 P11	3000 P19	2900 P29	1000
P4	1200 P12	3800 P20	3100 P30	900
P5	3100 P13	2800 P21	1400 P31	500
P6	3300 P14	3000 P22	3000 P32	500
P7	4200 P15	5400 P23	3000 P33	600
P8	4200 P16	5400 P24	1500 P34	800

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP  
 FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP  
 PEF 0522 - MECÂNICA DOS SOLOS E FUNDAÇÕES  
 5ª LISTA DE EXERCÍCIOS: Fundações rasas - Tubulões - **RESOLUÇÃO**

Para a profundidade de 9 metros o  $N_{SPT}$  é de = 18  
 Tensão admissível = 0,36 MPa = 360 kPa

Área da sapata equivalente = 223,3 m<sup>2</sup>

Área equivalente da edificação 18.825 m x 26.98 m = 507,9 m<sup>2</sup>

Para que a solução de fundação rasa seja viável é necessário que a área da sapata seja em torno de 50 a 60 % da area da edificação.

Sapata/edificação = 44%

Logo, a solução de fundação rasa é viável para o empreendimento estudado.

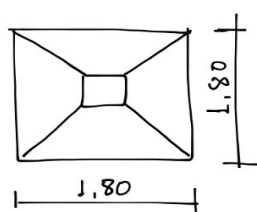
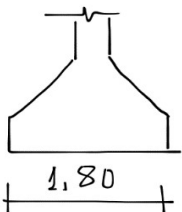
**Questão 7.** Dimensione e desenhe em planta e perfil as sapatas isoladas para os pilares P4 e P9.

Resposta:

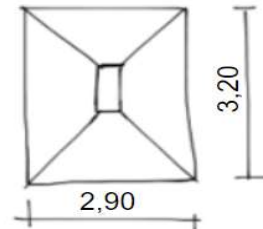
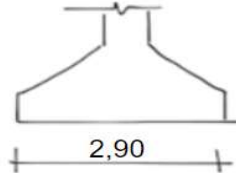
$\sigma_a = 360$  kPa

Pilar	Carga kN	Dimensões do pilar		Área (m <sup>2</sup> )	a - b	Sapata	
		a (m)	b (m)			L (m)	B (m)
P4	1200	0,3	0,3	3,20	0	1,80	1,80
P9	3300	0,6	0,3	8,80	0,3	3,20	2,90

P4



P9



**Questão 8.** Quando são utilizadas sapatas associadas e alavancadas? Escolha dois pilares nos quais estas situações podem ocorrer.

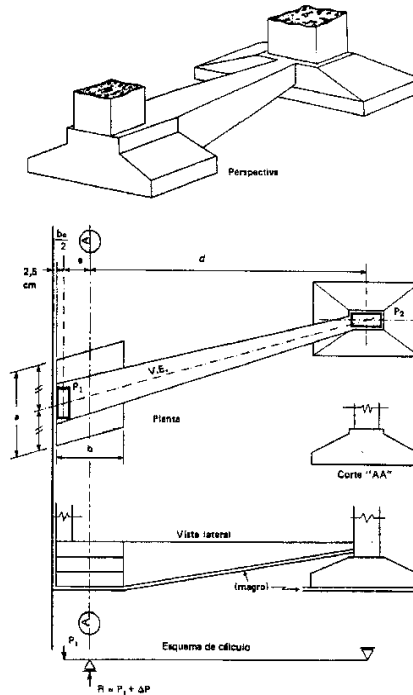
Resposta: Sapatas associadas são utilizadas em casos onde os pilares são muito próximos e o uso de sapatas isoladas gera conflito, ou seja, as sapatas se sobrepõem. Também pode-se utilizar uma sapata associada como elemento de fundação de pilares comuns como, por exemplo, os pilares da caixa do elevador. Assim, um exemplo de pilares que podem receber sapata associada são P7 e P8.

As sapatas alavancadas são utilizadas como elemento de fundação para os pilares próximos a divisa do empreendimento. Afim de evitar que o elemento de fundação invada o terreno vizinho. Os pilares P18 e P21 são exemplo de pilares que necessitam de sapata alavancada.

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP  
PEF 0522 - MECÂNICA DOS SOLOS E FUNDAÇÕES  
5ª LISTA DE EXERCÍCIOS: Fundações rasas - Tubulões - **RESOLUÇÃO**

**Questão 9.** Explique como é dimensionada uma sapata com viga alavanca.

*Resposta:* A sapata com viga alavanca é dimensionada considerando o acréscimo de tensão na sapata de divisa devido a excentricidade do carregamento. Na figura são apresentados exemplo de sapata com viga alavanca e o modelo de barra que pode ser utilizado na solução do problema.



**Questão 10.** O que são tubulões? Quais os principais métodos executivos e em que situações se aplicam?

*Resposta:* Tubulão é um tipo de fundação profunda de concreto que caracteriza-se por ter uma base alargada, ou seja, o diâmetro da base é maior que o diâmetro do fuste. Sua capacidade de carga é concentrada no contato direto da base do tubulão com o solo, diferentemente das estacas que resistem aos esforços principalmente devido ao atrito lateral com o solo. Quanto aos métodos executivos os tubulões podem ser "a céu aberto" ou "a ar comprimido". A execução a ar comprimido é realizada quando a base do tubulão será apoiada abaixo do nível de água, assim é necessário a aplicação de ar comprimido para que a escavação e preparação da base seja feita a seco. Vale lembrar que na presença de solos não coesivos é necessário realizar o encamisamento do furo para não ocorra desmoronamento.

**Questão 11.** Será construído um Hotel de luxo na plataforma A. Como o Hotel tem 25 andares e apresenta grandes vãos as cargas dos pilares são muito grandes e se constatou que o uso de fundações rasas não será econômico. Os tubulões serão apoiados a 5 m de profundidade, próximo a região da sondagem SP49A1. Determine através de correlações empíricas a tensão admissível que poderá ser utilizada no dimensionamento do tubulão.

Dimensione a fundação por tubulão para um pilar com carga de 7500 kN e dimensões de 50 x 40 cm, admitindo que não exista restrição de espaço em planta. Desenhe a solução em planta e perfil. Quais os cuidados executivos que deverão ser tomados na construção do tubulão? Admitir a  $\sigma_{conc} = 6000 \text{ kN/m}^2$

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP  
 FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP  
 PEF 0522 - MECÂNICA DOS SOLOS E FUNDAÇÕES  
 5ª LISTA DE EXERCÍCIOS: Fundações rasas - Tubulões - **RESOLUÇÃO**

Resposta:

$$N_{SPT} = 32$$

$$\sigma_a = 1,28 \text{ MPa}$$

$$\text{Carga} = 7500,0 \text{ kN}$$

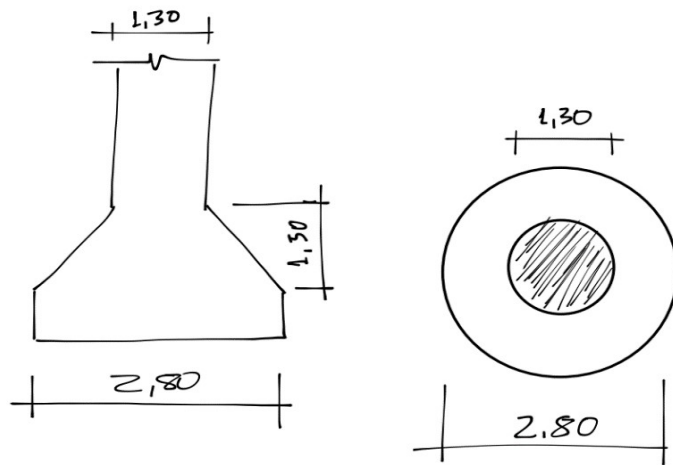
Dimensionamento do fuste

$$\sigma_{conc} = 6000 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Área do fuste} = 1,25 \text{ m}^2$$

$$\text{Diâmetro do fuste} = 1,30 \text{ m}$$

Carga	Área	Diâmetro <sub>b</sub>	h
kN	m <sup>2</sup>	m	m
7500,0	5,86	2,80	1,5



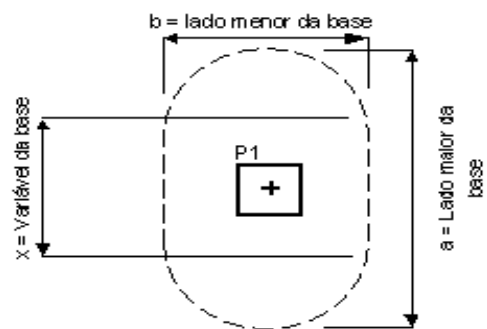
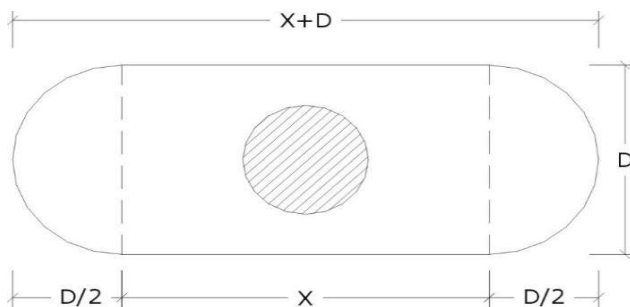
Na execução deste tubulão deve-se aplicar ar comprimido visto que o nível de água está a 1,0 m de profundidade. Além disso deve-se realizar o encamisamento do primeiro metro em virtude da presença de entulho com pedras e areia.

**Questão 12.** Em que mudaria a solução se o pilar estivesse posicionado a 1,0 m da divisa? Desenhe a solução em planta e perfil.

Resposta: Para solucionar este problema deve-se utilizar a base do tubulão como uma falsa elipse como apresentado na figura ao lado:

A área da base é calculada da seguinte forma:

$$A_{base} = X \times D + \frac{\pi \times D^2}{4}$$



D é igual a duas vezes a distância do centro do pilar até a divisa. Neste caso será adotado como folga da divisa para a base do tubulão 5 cm.

$$D = 2,3 \text{ m}$$

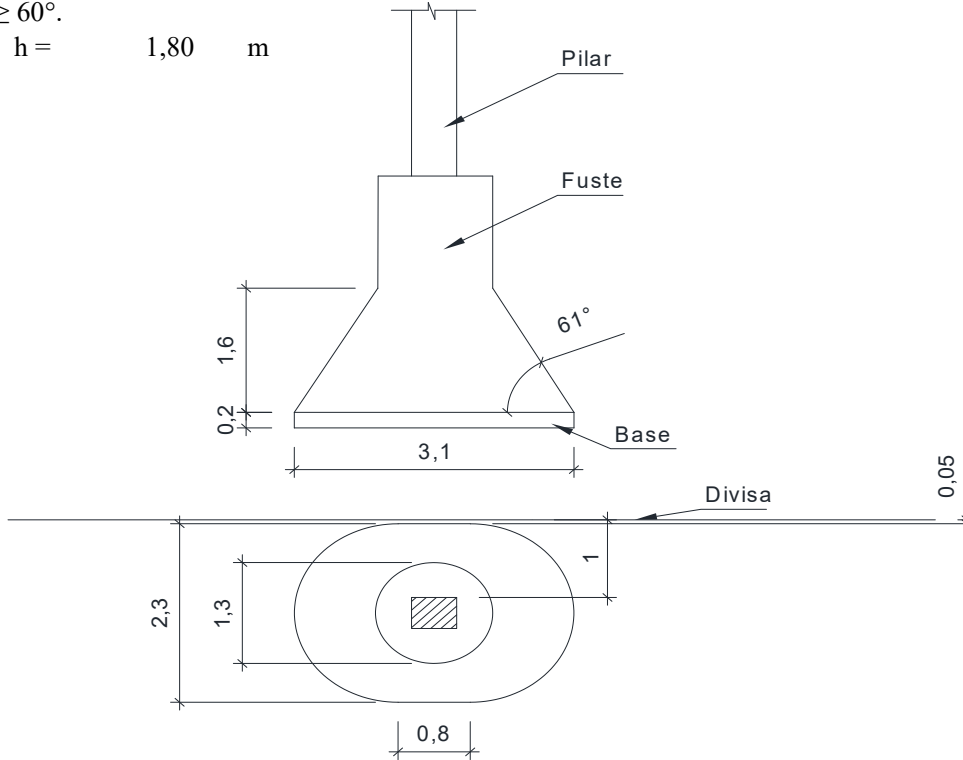
X é calculado com base na equação da área apresentada acima:

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP  
PEF 0522 - MECÂNICA DOS SOLOS E FUNDAÇÕES  
5ª LISTA DE EXERCÍCIOS: Fundações rasas - Tubulões - **RESOLUÇÃO**

$$X = 0,80 \text{ m}$$

A altura  $h$  da base do tubulão até o fuste deve ser calculada com o maior distância de forma a garantir  $\alpha \geq 60^\circ$ .

$$h = 1,80 \text{ m}$$



**OBS:** Caso não fosse possível manter o centro de carga do pilar alinhado ao centro de carga do tubulão, seria necessário calcular uma viga alavanca.

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP  
PEF 0522 - MECÂNICA DOS SOLOS E FUNDAÇÕES  
5ª LISTA DE EXERCÍCIOS: Fundações rasas - Tubulões - **RESOLUÇÃO**

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP  
PEF 0522 - MECÂNICA DOS SOLOS E FUNDAÇÕES  
5ª LISTA DE EXERCÍCIOS: Fundações rasas - Tubulões - **RESOLUÇÃO**



ESCOLA POLITÉCNICA DA USP  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP  
PEF 0522 - MECÂNICA DOS SOLOS E FUNDAÇÕES  
5ª LISTA DE EXERCÍCIOS: Fundações rasas - Tubulões - **RESOLUÇÃO**

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP  
PEF 0522 - MECÂNICA DOS SOLOS E FUNDAÇÕES  
5ª LISTA DE EXERCÍCIOS: Fundações rasas - Tubulões - **RESOLUÇÃO**

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP  
PEF 0522 - MECÂNICA DOS SOLOS E FUNDAÇÕES  
5ª LISTA DE EXERCÍCIOS: Fundações rasas - Tubulões - **RESOLUÇÃO**